

УДК 628.14

В.Г.НОВОХАТНІЙ, канд. техн. наук

Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка

НАДІЙНІСТЬ ПОДАВАЛЬНО-РОЗПОДІЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ ГРУПОВИХ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Запропоновано метод інженерного розрахунку надійності, а саме: безперервності та відновлюваності водопостачання у групових системах водопостачання.

Предложен метод инженерного расчета надежности (беспрерывности и возобновляемости) водоснабжения в групповых системах водоснабжения.

Proposed a method of engineering calculation of reliability (continuous and renewable) water in group water supply systems.

Ключові слова: групові водопроводи, надійність.

Правилами надання послуг з централізованого водопостачання [1] допускаються перерви у водопостачанні не більше 6 год. на добу та не більше двох разів на місяць. У такий спосіб задана надійність водопостачання, а саме: безперервність та відновлюваність водопостачання. Безперервність задана допустимим часом між перервами у водопостачанні $T^{don} \geq 0,5$ місяця = 360 год., відновлюваність водопостачання обмежена допустимою тривалістю перерви у водопостачанні $T_B^{don} \leq 6$ год. Безперервність та відновлюваність водопостачання однозначно визначається безвідмовністю та ремонтпридатністю споруд подавально-розподільного комплексу (ПРК) системи водопостачання. Безвідмовність ПРК визначаємо середнім напрацюванням на відмову T , а ремонтпридатність – середнім часом відновлення працездатності (ремонт) T_B . При цьому повинні виконуватись нерівності: $T \geq T^{don} \geq 360$ год; $T_B \leq T_B^{don} = 6$ год.

Споживачем питної води у групових сільськогосподарських водопроводах приймемо сільський населений пункт. Диктувальні споживачі розташовані у кінцевих, за рухом води, вузлах ПРК групового водопроводу. Розрахунки безвідмовності і ремонтпридатності виконуємо окремо для кожної зони впливу відповідних підвищувальних насосних станцій (ПНС). ПРК групового водопроводу, у такому разі, поділяється на окремі зони, які включають ПНС та водогони від окремої ПНС до водопровідної мережі диктувального споживача.

1. Показники безвідмовності

Показники безвідмовності водогону обчислюємо за формулами.

Параметр потоку відмов i -ї ділянки водогону

$$\omega_{\partial_i} = \omega_{\partial_0} L_i \text{ 1/рік,}$$

де L_i – довжина ділянки водогону i -го діаметра та матеріалу труб, км;
 ω_{∂_0} – питомий параметр потоку відмов 1 км водогону i -го діаметра та матеріалу труб, 1/рік-км.

Параметр потоку відмов водогону за вибраним напрямком

$$\omega_{\text{вод}} = \sum_{i=1}^n \omega_{\partial_i} / 8760, \text{ 1/год.},$$

де n – кількість ділянок водогону за вибраним напрямком.

Показники безвідмовності ПНС обчислюємо за формулою.

Параметр потоку відмов ПНС

$$\omega_{\text{ПНС}} = \sum_{i=1}^N v_i, \text{ 1/год.},$$

де v_i – вклад i -го укрупненого елемента у потік відмов ПНС; N – кількість укрупнених елементів.

Показники безвідмовності ПРК обчислюємо за наступними формулами.

Параметр потоку відмов ПРК за вибраним напрямком

$$\omega = \omega_{\text{вод}} + \omega_{\text{ПНС}}, \text{ 1/год.}$$

Середнє напрацювання на відмову ПРК за вибраним напрямком

$$T = 1 / \omega, \text{ год.}$$

2. Показники ремонтпридатності

Показник ремонтпридатності водогону – *середній час відновлення працездатності водогону* за вибраним напрямком обчислюємо за формулою

$$T_{B_{\text{вод}}} = \sum_{i=1}^n T_{B_i} \omega_{\partial_i} / \sum_{i=1}^n \omega_{\partial_i} \text{ год.},$$

де T_{B_i} – середній час відновлення працездатності i -ї ділянки водогону, год.

Показник ремонтпридатності ПНС – *середній час відновлення працездатності (ремонту) ПНС* обчислюємо за формулою

$$T_{B_{\text{ПНС}}} = \sum_{i=1}^n T_{B_i} v_i / \omega_{\text{ПНС}}, \text{ год.},$$

де v_i – вклад i -го укрупненого елемента у потік відмов насосної станції;

T_{B_i} – середній час відновлення працездатності i -го укрупненого елемента.

Показник ремонтпридатності ПРК – *середній час відновлення працездатності ПРК* за вибраним напрямком обчислюємо за формулою

$$T_B = \frac{T_{B_{вод}} \omega_{вод} + T_{B_{ПНС}} \omega_{ПНС}}{\omega_{вод} + \omega_{ПНС}} \text{ год.}$$

За результатами розрахунків виконуємо порівняння. Повинні виконуватись дві нерівності: $T \geq 360$ год.; $T_B \leq 6$ год.

Для підвищення безвідмовності ПРК потрібно: застосовувати труби з матеріалів, які мають більшу надійність; виконати внутрішню санацію діючих трубопроводів; на насосних станціях застосовувати регульований привід насосів.

Для підвищення ремонтпридатності ПРК потрібно: застосовувати труби, які дозволяють швидко виконувати ремонт; влаштовувати ремонтні ділянки на водогонах; ремонтні бригади укомплектовувати ефективною ремонтною технікою; застосовувати на ПНС обладнання, яке можна швидко відремонтувати.

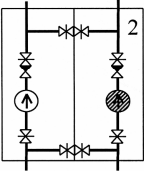
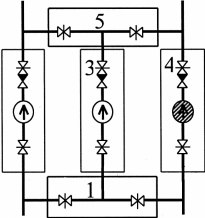
Питомий параметр потоку відмов 1 км трубопроводу та середній час ремонту водогону можна прийняти за даними табл.1. Формули для середнього напрацювання на відмову T та середнього часу відновлення працездатності T_B двох простих схем насосних станцій 2-ої категорії надійності з одним та двома робочими насосними агрегатами наведено в табл.2.

Таблиця 1

Діаметр труб, мм	Питомий параметр потоку відмов ω_0 , 1/рік·км за даними експлуатації				Середній час ремонту, годин, за СНиП 2.04.02- 84 [2]
	вітчизняні дані		зарубіжні дані		
	сірий чавун	сталь (без внутрішнього покриття)	поліетилен	високоміцний чавун (ВЧКГ)	
100	2,5	3,5	0,04	0,02	8,0
200	1,0	2,0	0,04	0,02	8,0
300	0,5	0,6	0,04	0,02	8,0
400	0,5	0,5	0,04	0,02	8,0
500-1000	0,4	0,4	0,04	0,02	12,0

Для орієнтовних розрахунків можна прийняти надійність обладнання насосних станцій за даними табл.3, а надійність ПНС за даними табл.4.

Таблиця 2

Схема НС	Надійність НС (безвідмовність і ремонтпридатність)
<p>Схема № 1</p> 	$\omega_1 = \omega_{зв} + \omega_n + \omega_k + \omega_{зн};$ $v_1 = \omega_1; \quad \omega_{нс} = v_1; \quad T_{нс} = \frac{1}{\omega_{нс}};$ $T_{B_1} = \frac{\omega_{зв} T_{B_{зв}} + \omega_n T_{B_n} + \omega_k T_{B_k} + \omega_{зн} T_{B_{зн}}}{\omega_{зв} + \omega_n + \omega_k + \omega_{зн}};$ $T_{B_{нс}} = T_{B_1}.$
<p>Схема № 2</p> 	$\omega_2 = \omega_3 = \omega_{зв} + \omega_n + \omega_k + \omega_{зн}; \quad \omega_1 = 2\omega_{звк};$ $\omega_5 = 2\omega_{знк}; \quad v_1 = \omega_1; \quad v_2 = \omega_2(K_{П_3} + K_{П_4});$ $v_3 = \omega_3(K_{П_2} + K_{П_4}); \quad v_5 = \omega_5;$ $\omega_{нс} = v_1 + v_2 + v_3 + v_5; \quad T_{нс} = \frac{1}{v_1 + v_2 + v_3 + v_5}.$ $T_{B_2} = T_{B_3} = T_{B_4} = \frac{\omega_{зв} T_{B_{зв}} + \omega_n T_{B_n} + \omega_k T_{B_k} + \omega_{зн} T_{B_{зн}}}{\omega_{зв} + \omega_n + \omega_k + \omega_{зн}};$ $T_{B_1} = T_{B_{звк}}; \quad T_{B_5} = T_{B_{знк}};$ $T_{B_{нс}} = \frac{v_1 T_{B_1} + v_2 T_{B_2} + v_3 T_{B_3} + v_5 T_{B_5}}{v_1 + v_2 + v_3 + v_5}.$

Таблиця 3

№ п/п	Елементи	Умовне позначення	Напряцювання на відмову T , год.	Параметр потоку відмов ω , $1/\text{год.} \cdot 10^{-4}$	Середній час відновлення T_B , год.	Коефіцієнт простою, $K_{п}$
1	Насосні агрегати	н	3000	3,33	60,0	0,02
2	Зворотні клапани	к	7000	1,43	10,0	0,0014
3	Засувки:					
	- на всмоктувальних лініях	зв	8000	1,25	20,0	0,0025
	- на напірних лініях	зн	2500	4,0	10,0	0,004
	- на всмоктувальних колекторах	звк	8000	1,25	20,0	0,0025
	- на напірних колекторах	знк	8000	1,25	20,0	0,0025

Таблиця 4

Схема НС	Надійність НС	
	безвідмовність	ремонтотпридатність
№ 1, 1 насос робочий, 1 насос резервний	$T = 24289,3$ год. $\omega = 1/T = 0,0000412$ 1/год.	$T_B = 26,3$ год.
№ 2, 2 насоса робочих, 1 насос резервний	$T = 1634,7$ год. $\omega = 1/T = 0,000612$ 1/год.	$T_B = 21,4$ год.

Потрібно вказати, що на відміну від “Правил надання послуг” [1], СНиП 2.04.02-84 [2] дозволяє збільшити час ліквідації пошкодження трубопроводу діаметром до 400 мм для систем II та III категорії надійності до 10 і 12 год., а перерви у водопостачанні обмежити до 6 і 24 год., відповідно для кожної категорії надійності. На жаль, СНиП 2.04.02-84 не регламентує частоту перерв у постачанні води для всіх категорій надійності систем водопостачання, що свідчить про недосконалість цього нормативного документу.

1.Постанова Кабінету Міністрів України №630 від 21.07.2005 р. “Про затвердження Правил надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення”.

2.СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.

Отримано 10.11.2011

УДК 628.543

В.А.КОВАЛЬЧУК, канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЕЛИЧИНИ pH НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕАГЕНТНОГО ВИДАЛЕННЯ АМОНІЙНОГО АЗОТУ ІЗ СТИЧНИХ ВОД

На основі теоретичного аналізу характеру взаємодії між іонами NH_4^+ , Mg^{2+} і PO_4^{3-} досліджений вплив величини pH на ефективність видалення амонійного азоту із стічних вод у вигляді важкорозчинного ортофосфату магнію-амонію $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$.

На основе теоретического анализа характера взаимодействия между ионами NH_4^+ , Mg^{2+} и PO_4^{3-} исследовано влияние величины pH на эффективность удаления аммонийного азота из сточных вод в виде труднорастворимого ортофосфата магния-аммония $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$.

Based on the theoretical analysis of the interaction between the ions NH_4^+ , Mg^{2+} and PO_4^{3-} investigated the effect of pH value on the removal efficiency of ammonia nitrogen from